Über eine Methode zur Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens.

Von Prof. Dr. **Philipp Knoll.**

(Mit 5 Holzschnitten.)

Beim Kaninchen weichen die Rippenfellsäcke an der vorderen Brustwand weit auseinander, so dass ein sehr ansehnlicher, ziemlich genau in der Mitte der Brust gelegener Mittelfellraum entsteht, was bereits von Gad[1] angegeben wurde.

Trägt man bei jungen Kaninchen mit zarter Musculatur die Muskeln ab, welche die vordere Brustwand bedecken, so sieht man die Lungen und die auf der vorderen Fläche des Herzens lagernde Thymusdrüse, sowie die an der äusseren Grenze des Mittelfellraumes hinziehenden Vasa mammaria durch die dünne Intercostalmusculatur hindurchschimmern.

Es ist sofort ersichtlich, dass sich die respiratorischen Verschiebungen der Lungenränder und die Zwerchfellexcursionen an einem so präparirten jungen Kaninchen sehr schön demonstriren lassen. Bei Verschluss der grossen Luftwege prägen sich ferner an einem solchen Thiere das Einsinken der Brustwand bei der inspiratorischen Luftverdünnung, die dyspnoische Verlangsamung des Herzschlages und das hiebei stattfindende Anschwellen des Herzens in anschaulicher Weise aus. Auch alle rasch sich vollziehenden intensiveren Veränderungen in der Blutfülle der Lungen müssen durch die durchscheinende Intercostalmusculatur hindurch zu erkennen sein.

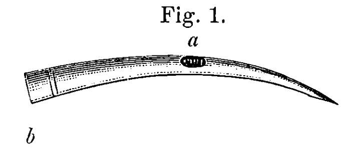
Bei einem derartig vorbereiteten Thiere kann man nun unter Vermeidung aller störenden Nebenverletzungen in sehr einfacher Weise einen Luftraum zwischen Herz und vorderer Brustwand erzeugen. Man führt zu diesem Zwecke eine mässig gekrümmte,

---

[1] Archiv für Physiologie von E. du Bois-Reymond. 1878, p. 596.

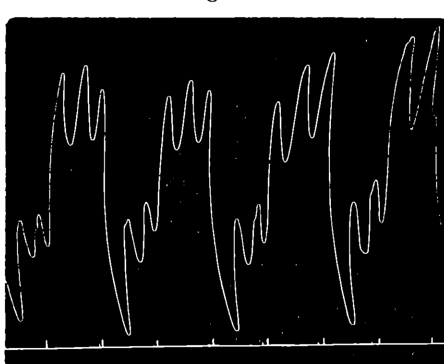
stark konische, an dem einen Ende lanzettförmig zugeschärfte Canüle (Fig. 1), welche an der Convexität mit einer relativ grossen Öffnung *(a)* versehen ist, derart in den Mittelfellraum ein, dass die Zwischenrippenmuskeln im dritten Intercostalraum dicht nach innen von den Vasa mammaria durchstochen werden und der mittlere Theil dieser Canüle (mit der Concavität gegen das Sternum gekehrt) unter das Sternum zu liegen kommt. In der Regel entsteht unmittelbar hiernach in Folge von Aspiration von Luft in den unter negativem Drucke stehenden Mittelfellraum eine Luftansammlung in diesem Raume. In Fällen, wo durch Verlegung der Canülenöffnung *a* das Einströmen der Luft behindert ist, lässt sich jene Luftansammlung durch Einblasen von Luft in die Canüle erzeugen.

Fig. 1.



Verbindet man hierauf die Öffnung *b* jener Canüle durch einen kurzen starkwandigen Kautschukschlauch von geringem Lumen mit einer kleinen Marey'schen Trommel,[1] so verzeichnen sich die durch die Respiration und den Herzschlag bedingten Druckschwankungen in jenem Luftraume. An den Curven, welche man auf diese Weise erhält, erscheinen die durch den Herzschlag bedingten Druckschwankungen in der Form von kleineren Wellen den grossen durch die Athmung erzeugten Wellen aufgesetzt. (Fig. 2.)[2] An diesen letzteren entspricht der aufsteigende Theil der Exspiration und der absteigende

Fig. 2.



Die einzelnen Abschnitte der Abscisse haben den Zeitwerth von Secunden. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen.

[1] Ich benütze hiebei eine der kleinen Marey'schen Trommeln, welche dem Rothe'schen Polygraphen beigegeben sind.

[2] An der Genese dieser kleineren Wellen werden begreiflicherweise ausser der Diastole und Systole des Herzens auch die Volumschwankungen

Theil der Inspiration, während an den kleineren Wellen die Diastole sich in dem Ansteigen und die Systole sich im Abfallen ausspricht.

Die Interferenz der durch Athmung und Herzschlag hervorgerufenen Bewegungen des Zeichenhebels bedingt eine Ungenauigkeit der Curven und meistens auch eine geringe Ausprägung von Detail an den kleineren Wellen.

Ruft man aber den bekannten Reflex von den Trigeminusendigungen in der Nase auf Athmung und Herzschlag hervor, so verzeichnen sich während des eintretenden Stillstandes der Athembewegungen die Volumschwankungen des Herzens ohne jegliche Beeinträchtigung. Man erkennt dann sowohl im aufsteigenden als im absteigenden Theile der Curven, mehr oder weniger ausgeprägt, je eine kleinere Elevation, es drückt sich das Anschwellen des Herzens während der eintretenden Vagusreizung sehr deutlich aus, und auch die Exspirationsstellung des Zwerchfelles während des Athmungsstillstandes wird durch die Lage der Curven über der Abscisse wiedergegeben. (Fig. 3.)

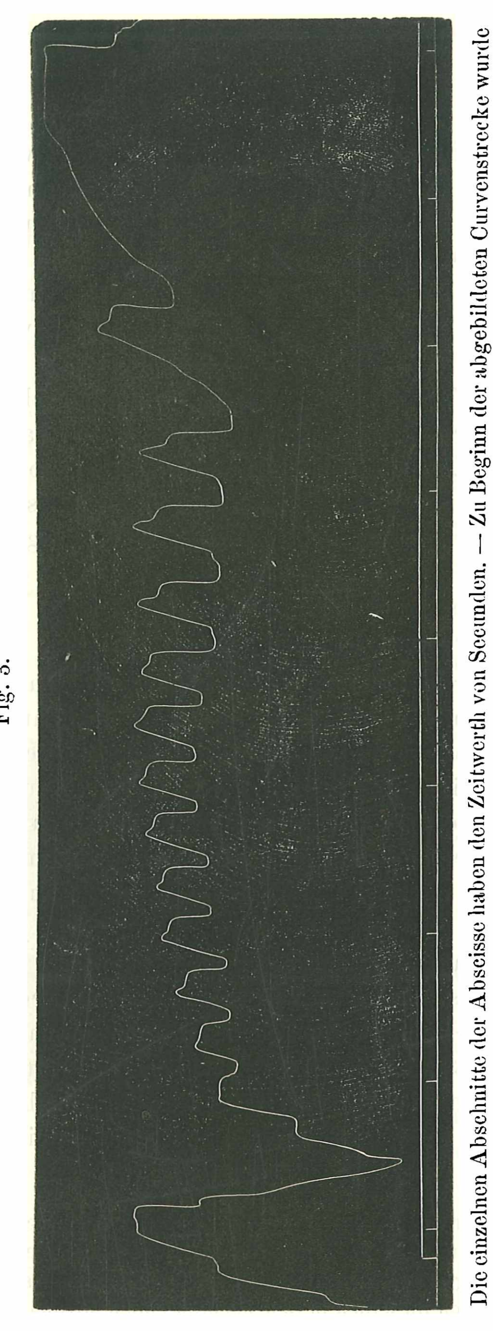
Will man den angegebenen Versuch bei einem ausgewachsenen Kaninchen mit stark entwickelter Intercostalmusculatur, durch welche die Brusteingeweide nicht hindurchschimmern, ausführen, so ist es zur Sicherung vor Blutungen und Verletzung der Pleurasäcke nothwendig, entweder die Vasa mammaria in dem Intercostalraume, welchen man zum Einführen der Canüle benützen will, freizulegen, oder die Canüle ganz dicht am Sternum ein- und auszustechen.

Es braucht wohl kaum besonders darauf hingewiesen zu werden, dass bei der beschriebenen Versuchsanordnung weder die Athmungen, noch die Herzbewegungen unter ganz normalen Verhältnissen erfolgen. Schon bei dem Abtragen der Brustmusculatur verändert sich die Athmung; die künstlich herbeigeführte Luftansammlung im Mittelfellraume bedingt aber nicht

---

der grossen Gefässstämme betheiligt sein. Der Abkürzung des Ausdruckes wegen, und weil unter gewöhnlichen Verhältnissen der Einfluss der letztgenannten Volumschwankungen auf die Gestaltung jener Wellen kaum sehr erheblich sein dürfte, werde ich dieselben in den nachfolgenden Mittheilungen nicht besonders aufführen.

Fig. 3.



Die einzelnen Abschnitte der Abscisse haben den Zeitwerth von Secunden. — Zu Beginn der abgebildeten Curvenstrecke wurde dem Versuchsthiere ein mit Chloroform getränkter Schwamm vor die Nase gehalten. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen.

allein eine weitere Alteration der Respiration, sondern auch eine Dislocation des Herzens, das gleichzeitig unter gänzlich veränderten Aussendruck geräth. Da aber die Spannung der Luft im Mittelfellraum selbst in solchen Fällen, wo Luft in diesen eingeblasen wurde, die Spannung der atmosphärischen Luft wenigstens anhaltend nicht oder nicht wesentlich überschreitet,[1] was schon für das unbehinderte Schwingen der elastischen Membran der Marey'schen Trommel nothwendig ist, so bleibt die natürliche Athmung des

[1] Der Spannungsgrad der elastischen Membran der Marey'schen Trommel ist der beste Indicator für dieses Verhältniss.

Versuchsthieres ausreichend, das arterielle Blut hellroth zu erhalten. Und auch der Blutkreislauf erleidet unter diesen Verhältnissen keine einschneidenden Veränderungen, wie man durch Verzeichnung der Blutdruckschwankungen von der Carotis aus constatiren kann.

Vollführt man den angegebenen Eingriff an einem curarisirten, künstlich ventilirten Kaninchen, so kann man während des Aussetzens der Ventilation die Volumschwankungen des Herzens in ziemlich langen Reihen von wohl ausgeprägten Curven erhalten, in denen der Einfluss der rasch sich entwickelnden Dyspnoe auf das Herz zum Ausdruck gelangt.

Man kann übrigens die Luftansammlung im Mittelfellraum auch in der Weise erzeugen, dass man bei einem jungen, unverletzten Kaninchen die beschriebene Canüle im dritten Intercostalraume an dem einen Sternalrande durch Haut und Muskeln durchsticht und, unter dem Sternum hingleitend, an dem anderen Sternalrande wieder herausführt. Es lassen sich an einem so vorbereiteten Thiere die Veränderungen von Athmung und Herzschlag während der früher erwähnten Reflexerregung von der Nasenschleimhaut aus graphisch wiedergeben, ohne dass das Versuchsthier Schaden leidet, denn dieses erweist sich, wie ich durch viele Tage hindurch fortgesetzte Beobachtung constatiren konnte, nach Entfernung der Canüle vollständig munter, wenn lediglich der Mittelfellraum eröffnet worden war. Geschieht es aber, dass bei diesem Eingriff die Rippenfellsäcke einreissen, so kann allerdings das Versuchsthier unter Erstickungskrämpfen rasch zu Grunde gehen.

Wenn nun auch das geschilderte Verfahren für die Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens vollständig ausreicht, und seiner Einfachheit wegen wohl von Manchem bevorzugt werden dürfte [1], so habe ich mich bei meinen bisherigen Beobachtungen über die Veränderungen, welche das Volumen des Herzens bei Kaninchen unter verschiedenen Umständen erleidet, doch hauptsächlich einer anderen Versuchsanordnung bedient, welche den Vorzug grösserer Durchsichtigkeit hat. Denn man

---

[1] Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass diese Methode sich auch vortrefflich zu Beobachtungen über die Athembewegungen eignet.

kann sich dabei während des ganzen Versuches stets leicht über die Grösse des geschlossenen Luftraumes innerhalb dessen das Herz schlägt und über die Lage der Canüle orientiren.

Zu diesem Behufe resecire ich mittelst einer Knochenscheere zwischen der zweiten oder dritten und der sechsten Rippe das Sternum sammt den Sternalenden der betreffenden Rippen.[1] Durch vorhergehendes Blosslegen der Vasa mammaria kann man sich bei Thieren, an denen diese Gefässe nicht durch die Intercostalmuskeln hindurchschimmern, vor der Verletzung grösserer Gefässe sicherstellen. Oft ist es zweckmässig, die Ränder des in der vorderen Brustwand angelegten Fensters durch kleine, mit leichten Gewichten versehene Haken auseinander halten zu lassen.

Wenn man nun die Thymusdrüse, welche die vordere Fläche des Pericard bedeckt, beziehungsweise die Residuen derselben, von der Mitte her mit Pinzetten vorsichtig nach den beiden Seiten zu verschoben hat, so ist ein grosser Theil des Pericards blossgelegt. Jetzt hebt man mittelst einer stumpfen Pinzette eine Falte des Pericard auf und durchsticht diese quer mit der vorher angegebenen Canüle, wobei die Convexität derselben nach dem Herzen zu gekehrt wird. Die Canüle wird dann soweit durch das Pericard hindurchgeführt, dass die an der Convexität befindliche Öffnung, deren Lage man an der concaven Seite zweckmässigerweise durch ein paar Striche markiren lässt, innerhalb des Pericardialraumes zu liegen kommt. Hierauf wird die Canüle soweit gehoben, dass dieselbe über die beiden Seitenränder des in der Brustwand angelegten Fensters gebrückt werden kann, und dann das Pericard durch vorsichtiges Einblasen von Luft in die Canüle leicht gespannt. Durch Verbindung der Canüle mit einer Marey'schen Trommel gelangt man hiernach zur Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens, die man am zweckmässigsten beim curarisirten, künstlich ventilirten Thiere während des Aussetzens der Ventilation vornimmt, wogegen man zur Schonung der elastischen Membran der Marey'schen Trommel für die Dauer der künstlichen Ventilation den verbindenden Kautschuckschlauch abklemmt.

---

[1] Gad (l. c.) hat sich desselben Verfahrens behufs Beobachtung des blossgelegten Kaninchenherzens bedient.

Führt man den beschriebenen Versuch recht vorsichtig aus, so gelingt derselbe fast stets ohne Verletzung der Rippenfellsäcke, und in der Regel auch, ohne dass Nebenverletzungen am Pericard zu Stande kämen. Kleine Einrisse des letzteren lassen sich allenfalls durch Auftropfen einer flüssigen, rasch erstarrenden Masse verlegen; man thut aber besser, nur jene Versuche zu verwerthen, in denen das Pericard keine Nebenverletzungen erlitten hat. Der Herzbeutel ist in diesem Falle durch die konische Canüle luftdicht verschlossen und das allmälig eintretende Antrocknen des Pericard an die Canüle trägt zur Sicherung dieses Verschlusses bei.

Die Luftansammlung im Pericard muss einen solchen Grad erreichen, dass der Herzbeutel die Spannung erhält, welche nothwendig ist, damit die innerhalb desselben stattfindenden Volumschwankungen des Herzens sich deutlich verzeichnen. Andererseits darf aber auch die Herzbewegung nicht durch den Druck der intrapericardialen Luft in erheblicher Weise beeinträchtigt werden.

In der Betrachtung der mittelst der Marey'schen Trommel verzeichneten Curven und in der gleichzeitigen Aufzeichnung und Beobachtung des Blutdruckes in der Carotis besitzt man ausreichende Mittel, um in dieser Beziehung den richtigen Punkt zu treffen.

Das Herz befindet sich bei der zuletzt angegebenen Versuchsanordnung, wie sofort ersichtlich ist, ebenfalls unter ganz abnormen Verhältnissen. Einerseits fungiren ja aber fast bei jedem Thierversuche die Organe unter Verhältnissen, welche sich mehr oder weniger von der Norm entfernen, und andererseits lässt sich der in dem angegebenen Umstande liegende Fehler dadurch reduciren, dass man sich nur auf den Vergleich der bei gleichen Grundbedingungen vor, während und nach den beabsichtigten Eingriffen erhaltenen Curven einlässt. Als Ausgangspunkt des Vergleiches wird man aber, wo dies angeht, die unmittelbar nach dem Aussetzen der künstlichen Ventilation erhaltenen Curven benützen, da zu dieser Zeit noch keine dyspnoischen Veränderungen der Herzbewegung interferiren.

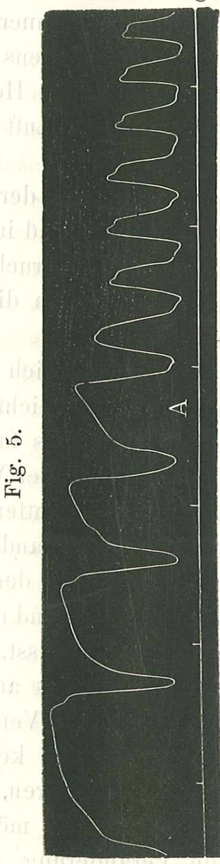
Ein paar Beispiele mögen genügen, um darzulegen, welche bedeutende Veränderung nach gewissen Eingriffen die unter

Fig. 4.

Die kleinen Abschnitte der Abscisse haben den Zeitwerth von Secunden. Der grosse, rechteckig abgegrenzte Abscissenabschnitt bezeichnet die Dauer der elektrischen Erregung eines Nervus vagus. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen.

den angegebenen Grundbedingungen gewonnenen Curven erfahren. Ich verweise hiefür auf Fig. 4, welche das enorme Anschwellen des Herzens bei elektrischer Reizung eines Nervus vagus versinnlicht, und auf Fig. 5, welche die Abnahme der Volumschwankungen des Herzens ausprägt, die eintritt, wenn man während dyspnoischer Erregung der Medulla oblongata beide

Fig. 5.



Die einzelnen Abschnitte der Abscisse haben den Zeitwerth von Secunden. — Bei *A* wurden gleichzeitig beide Nervi vagi am Halse durchschnitten. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen.

Vagusstämme am Halse durchtrennt. Eine nähere Betrachtung der beiden Figuren lehrt ferner, dass auch bei dieser Art, die Herzbewegung zu verzeichnen, sowohl im aufsteigenden, als im absteigenden Schenkel der gewonnenen Curven kleinere Elevationen sich finden, deren Grösse und Lage zum Curvengipfel sich verändert, wenn der Herzschlag eine Modification erfährt. So interessant gerade dieser Punkt ist, so muss ich mich vorläufig doch begnügen, auf denselben nur hinzuweisen, da ich noch damit beschäftigt bin, die Bedeutung jener kleinen Elevationen zu ermitteln.

Hinsichtlich der Verwerthung der angegebenen Methode zur Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens glaube ich Folgendes bemerken zu sollen.

Vorerst wird diese Methode allerdings vorzugsweise dazu dienen, Erscheinungen, welche aus der Blutdruckcurve nicht, oder nur ungenügend hervorgehen, und am blossgelegten Herzen nur durch die sorgfältige Beobachtung des Einzelnen zu ermitteln sind, einer grösseren Anzahl von Personen zu demonstriren. Ich rechne hieher die Veränderung in den Volumschwankungen, welche das Herz bei Constriction der kleinen Arterien, bei Vaguserregung und Vaguslähmung, nach der Einwirkung gewisser Herzgifte u. s. w. erfährt.

Da aber jede Verfeinerung der Beobachtungsmittel zu einer genaueren Kenntniss des Ablaufes der beobachteten Erscheinungen führt, so lässt eine ausgedehntere Verwendung der beschriebenen Methode gewiss auch neue Aufschlüsse über das Verhalten des Herzens unter verschiedenen Bedingungen erwarten. Namentlich muss dieses dann der Fall sein, wenn es gelingt festzustellen, dass die früher erwähnten kleinen Elevationen an den Curven, deren Grösse und Lage bei Veränderung der Herzbewegung so sehr variirt, durch die Volumschwankungen bestimmter Abschnitte des Herzens bedingt werden.

Die Durchbohrung des blossgelegten Pericard mit der beschriebenen Canüle lässt sich übrigens auch noch zu anderen experimentellen Zwecken als zur Verzeichnung der Volumschwankungen des Herzens verwenden. So kann man das Aufblasen des Pericard benützen, um die Kreislaufsveränderungen zu studiren, welche eintreten, wenn das Herz unter wechselnden

Aussendruck geräth. Es dürfte sich ferner auch empfehlen, zu beobachten, ob sich wesentliche Veränderungen in der Herzbewegung einstellen, wenn das Pericard statt mit atmosphärischer Luft mit Kohlensäure erfüllt wird. Eine kleine Abänderung der beschriebenen Canüle, in Verbindung mit der Durchleitung von Luft oder indifferenten Flüssigkeiten von verschiedener Temperatur durch das Pericard, wird auch die Demonstration und genauere Beobachtung der am Säugethierherzen unter dem Einfluss verschiedener Temperaturen sich vollziehenden Functionsveränderungen ermöglichen.

Eine Beeinträchtigung erleidet die Verwerthung der angegebenen Methode dagegen dadurch, dass dieselbe zunächst nur bei solchen Thieren befriedigende Resultate verspricht, bei denen ein relativ grosser Mittelfellraum vorhanden ist. Bei Hunden wenigstens, wo die Pleurasäcke an der vorderen Brustwand dicht aneinanderrücken, ist mir die Durchbohrung des Pericard oder die Erzeugung eines Luftraumes ober dem Herzen im geschlossenen Thorax, ohne Verletzung der Rippenfellsäcke und consecutive einschneidende Störung der Respiration bisher nicht gelungen. Vielleicht wird aber eine Modification des angegebenen Verfahrens auch unter so ungünstigen Verhältnissen später noch zum Ziele führen.

NACHTRAG.

Nachdem der Druck der vorstehenden Mittheilung bereits beendet war, wurde mir bekannt, dass schon im Jahre 1877 *François-Franck* (Recherches sur les changements de volume etc. Trav. du laborat. de *Marey*. 1877) und *Stefani* (Intorno alle variazioni del volume del cuore etc. Academ. med. chir. di Ferrara. 1878) die Volumschwankungen des Herzens von der Pericardialhöhle aus verzeichnet haben. Die Priorität *dieses* Gedankens gebührt also den beiden genannten Autoren.

Welche Unterschiede in der Ausführung dieser Idee von ihrer und von meiner Seite obwalten, und welches Verfahren den Vorzug verdient, werde ich bei einer anderen Gelegenheit erörtern.
